

MENU

SEARCH

INDEX



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 10068751

(43)Date of publication of application: 10.03.1998

(51)Int.Cl.

G01R 29/10  
H01Q 3/26

(52)Application number: 09114915

(71)Applicant:

HE HOLDINGS INC DBA HUGHES  
ELECTRON

(52)Date of filing: 02.05.1997

(72)Inventor:

LEWIS GIB F  
BOE ERIC

(20)Priority (08/642033)

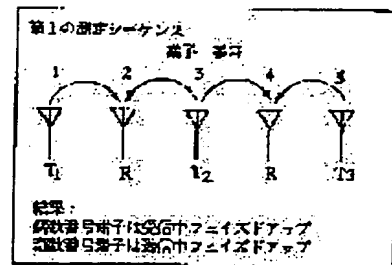
Priority number: 96 642033 Priority date: 02.05.1996 Priority country: US

(34) SELF PHASED UP FOR ARRAY ANTENNA BY INTERCONNECTION OF UNEVEN ELEMENT AND OPTIONAL GRATING DIRECTION

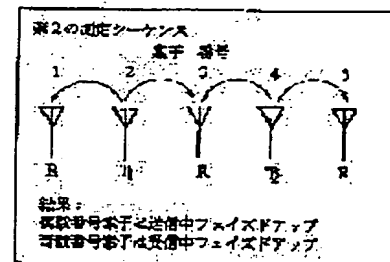
(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform phased up of an array antenna of radiation element arranged in a plurality of interleave gratings leaving spaces by a simple method without using an external measuring means.

SOLUTION: A measuring signal is transmitted from one element 1 of interleaved first gratings 1, 3, 5 and this measuring signal is received at an adjacent element of interleaved second gratings 2, 4 to calculate phase and gain difference between the elements 2, 4 of the second gratings and a measuring signal from other elements 3, 5 of the first gratings are sequentially transmitted and repeat the above step. Then the signal transmitted from the elements 2, 4 of the second gratings is received to calculate phase and gain difference and correction factor of a first set is calculated by using the calculated phase and gain difference and the above step is repeated for respective other gratings of the elements and the ratio of interconnection factor of the elements for an array is decided and it is used for phased up.



(A)



(B)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-68751

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 29/10			G 0 1 R 29/10	D
H 0 1 Q 3/26			H 0 1 Q 3/26	Z

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-114915

(22) 出願日 平成9年(1997) 5月2日

(31) 優先権主張番号 642033

(32) 優先日 1996年5月2日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390039147

エイチイー・ホールディングス・インコー  
ポレーテッド・ディービーイー・ヒュー  
ズ・エレクトロニクス  
アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
90045-0066, ロサンゼルス, ヒューズ・  
テラス 7200

(72) 発明者 ギブ・エフ・ルイス

アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
90266, マンハッタン・ビーチ, ザ・スト  
ランド 200

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

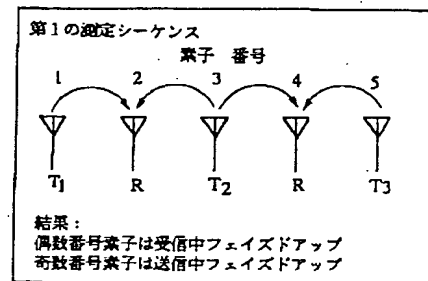
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非均一素子の相互結合および任意の格子方向によるアレイアンテナの自己フェイズドアップ

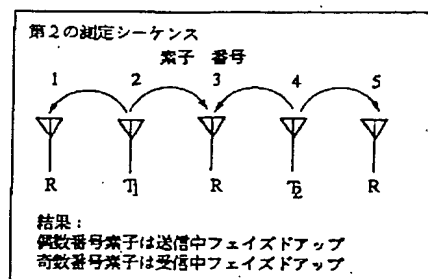
## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、外部測定手段を使用せずに簡単な方法で間隔を隔ててインターリーブされた複数の格子に配置されている放射素子のアレイアンテナのフェイズドアップを行うことを目的とする。

【解決手段】 インターリーブされた第1の格子1,3,5中のただ1つの素子1から測定信号を送信し、インターリーブされた第2の格子2,4の隣接した素子でこの送信測定信号を受信して第2の格子の素子2,4間の位相および利得差を計算し、第1の格子の他の素子3,5からの測定信号を逐次送信して前記ステップを反復し、次に第2の格子の素子2,4で送信された信号を受信して位相および利得差を計算し、計算された位相および利得差を使用して第1の組の補正係数を計算し、素子の残りの各格子に対して前記ステップを反復し、アレイに対する素子の相互結合係数の比率を決定してフェイズドアップに使用することを特徴とする。



(A)



(B)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 アレイアンテナを構成し、複数の間隔を隔てられインターリーブされた格子に配置されている放射素子のフェイズドアップを行う方法において、

(i) 同時に第1のインターリーブされた格子の単一の素子から測定信号を送信し、第2のインターリーブされた格子の1以上の隣接した素子で送信測定信号を受信し、第1の格子の単一の素子からの送信結果として第2のインターリーブされた格子の素子間の位相および利得差を計算し、

(ii) 前記第1の格子の他の素子からの測定信号を逐次送信するためにステップ(i)を反復し、第2の格子の素子で送信された信号を受信し、結果的な位相および利得差を計算し、ステップ(i)と(ii)からの計算された位相および利得差を使用し、それによって第1の組の補正係数を計算し、この係数は第2の格子の対応素子に適用されるときこれらの素子が同一の位相および利得応答を示すことを許容し、フェイズドアップされた第2の格子を与え、

(iii) 素子の残りの各格子に対して、複数のインターリーブされフェイズドアップされた格子を与えるためにステップ(i)と(ii)を反復し、

(iv) アレイに対する素子の相互結合係数の1組の比率を決定し、

(v) 複数のインターリーブされた格子を同じ位相にするため前記アレイを構成する素子への必要な調節を決定するために素子の相互結合係数の1組の比率を使用するステップを有し、

ここで、前記アレイのフェイズドアップは所定の時間に加えて1つの素子のみを通して信号を送信することを特徴とする方法。

【請求項2】 格子の方向が四辺形方向である請求項1記載の方法。

【請求項3】 四辺形方向が平行四辺形であり、ここでアレイは4つのインターリーブされた素子の格子を具備し、これらの素子は同じ位相にされる請求項2記載の方法。

【請求項4】 アレイは1つおきの素子の第1および第2のインターリーブされたアレイの線形アレイである請求項1記載の方法。

【請求項5】 素子の相互結合係数の1組の比率は、前記アレイを構成した隣接する素子と1つおきの素子との間の結合係数の比率を有する請求項4記載の方法。

【請求項6】 アレイ素子は菱形格子に配置され、アレイはそれぞれの行および列に配置された素子の第1および第2のインターリーブされた格子に分割され、前記ステップ(i)は同時に第1の格子の単一素子から送信し、前記第2の格子の4つの隣接した素子でこの送信信号を受信し、受信素子のうち3つを調節してそれぞれの受信信号と、4つの受信素子の残りの第4の素子で受信

した信号との差を最小にする請求項1記載の方法。

【請求項7】 菱形格子は正方形の格子である請求項6記載の方法。

【請求項8】 菱形格子は三角形の格子である請求項6記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は位相アレイアンテナ、特にアレイ素子を既知の振幅および位相に較正する改良された技術に関する。

【0002】

【従来の技術】電子的に走査されたアレイアンテナの製造において大部分の時間とリソースを消費するステップの1つはその素子を相互に関して較正することである。アレイを横切る全ての素子はビームを形成するための既知の振幅および位相に較正されなければならない。このプロセスはアレイフェイズドアップと呼ばれる。

【0003】通常のフェイズドアップ技術は典型的に、受信するときに各素子へ基準信号を与え、送信するときに各素子の出力を測定するために近視野等の外部測定装置を使用することを必要とする。サンプルとして十分な送信平面波のスペクトルを提供するように全ての素子がフルパワーで動作されなければならない時、多量のエネルギーがこの試験中に放射される。これは高いRFパワーを閉じ込める構造を必要とし、いくつかの安全に関する問題を有している。それ故、RFエネルギー出力を最小にするフェイズドアップ技術を提供することが有効である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】既知のアレイの相互結合フェイズドアップ技術は2次元の対称格子装置(等辺三角形)と全ての格子方向の等しい素子の相互結合応答に依存している。等辺三角形の格子装置は常には使用されないでこれらは深刻な制限である。同様に、素子の相互結合応答特性はほとんどの場合、全ての格子方向で等しくない。

【0005】本発明の目的は、近視野または遠視野を使用せずにアレイアンテナのフェイズドアップを可能にすることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の1局面にしたがって、1つの素子のみが同時に送信状態で使用され、したがってRFエネルギー出力を減少する。相互の結合および/または反射が1つの素子から近くの素子へ信号を提供するために使用される。この信号は素子が相互に関して位相調整されることを許容するための基準を与える。プロセスの第1の段階の終了後、アレイは多くて4つのインターリーブされた格子へフェイズドアップされる。本発明は相互に関してインターリーブされた格子を位相調整する方法を提供し、従って位相調整プロセスを完了

する。この技術は一般的に均一に隔てられた格子方向により行われる。この技術は送信および受信較正の両者に対して応用可能である。

【0007】従って本発明の1観点によれば、アレイアンテナを構成する複数の間隔を隔てられインターリーブされた格子に配置されている放射素子のフェイズドアップを達成する方法は、(i)同時に第1のインターリーブされた格子の単一の素子からのみ測定信号を送信し、第2のインターリーブされた格子の1以上の隣接した素子で送信された測定信号を受信し、第1の格子の単一の素子からの送信結果として第2のインターリーブされた格子の素子間の位相および利得差を計算し、(ii)第1の格子の他の素子からの測定信号を逐次的に送信するためにステップ(i)を反復し、第2の格子の素子で送信された信号を受信し、結果的な位相および利得差を計算し、計算された位相および利得差を使用し、第1の組の補正係数を計算し、この係数は第2の格子の対応素子に適用するときこれらの素子が同一の位相および利得応答を示すことを許容し、フェイズドアップされた第2の格子を与え、(iii)素子の残りの各格子で、複数のインターリーブされフェイズドアップされた格子を与えるためステップ(i)、(ii)、(iii)を反復し、(iv)アレイに対する素子の相互結合係数の1組の比率を決定し、(v)複数のインターリーブされた格子を同じ位相にするために前記アレイを構成する素子への必要な調節を決定するために素子の相互結合係数の1組の比率を使用するステップを有し、ここでアレイのフェイズドアップは所定の時間にただ1つの素子を通して信号を送信することにより達成される。

【0008】本発明の別の局面にしたがって、アレイアンテナを有し菱形格子に配置される放射素子のフェイズドアップを達成する方法は、(i)それぞれの行および列に配置する素子の第1、第2のインターリーブされた格子へアレイを分割し、(ii)第1の格子で、単一素子から送信され、第2の格子の4つの隣接する素子で送信信号を受信し、受信素子のうちの3つを調節し、それによってそれぞれの受信信号と、4つの受信素子のうちの残りの第4の素子で受信された信号間の差を最小にし、(iii)第2の格子内の全ての素子をフェイズドアップするために第1の格子の各他の素子でステップ(ii)を反復し、(iv)第2の格子に対して、単一の素子から送信し、第1の格子の4つの隣接する素子で送信された信号を受信し、受信素子のうちの3つを調節してそれぞれの受信された信号と、4つの受信素子の残りの第4の素子で受信された信号間の差を最小にし、(v)第1の格子内の全ての素子をフェイズドアップするため第2の格子の他の各素子に対してステップ(ii)を反復し、(vi)アレイに対する素子の相互結合係数の1組の比率を決定し、(vii)第1、第2のインターリーブされた格子を同じ位相にするためにアレイを構成する素子への必

要な調節を決定するための素子の相互結合係数の1組の比率を使用し、ここでアレイのフェイズドアップは所定の時間に1つの素子を通して信号を送信することにより達成される。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明のこれらおよび他の特徴および利点は添付図面で図示されているように例示の実施形態の詳細な説明から明白になるであろう。本発明は、既知の振幅および位相にアレイアンテナを較正する方法を含んでいる。種々の1次元および2次元のアレイ構造が存在する。素子は通常、線形(1次元)または2次元の多角形状に従って配置されている。菱形は図1のAで示されているように側面の長さが等しく、対向辺が平行な平行四辺形である。正方形は菱形の特別な場合であり、ここで隣接側縁間の角度は90度である(図1のB)。平行四辺形は対向側縁が平行な四辺形である(図1のC)。長方形は平行四辺形の特別な場合であり、ここで隣接側縁の間の角度は90度である(図1のD)。これらの平行四辺形のコーナーは例示のアレイ形状ではアレイ素子の格子位置を表している。本発明を説明する目的で、線形アレイの場合を最初に説明し、その後で菱形および平行四辺形の場合について説明する。

【0010】1. ラインアレイで配置されている素子のアレイの較正

ラインアレイの素子のアレイを較正する順序およびステップに関する以下の説明は単なる例示である。同一のフェイズドアップの達成は多数の可能なシーケンスにより実現されることができ、他のシーケンスが測定時間全体または測定の正確さに関してより適切であるかもしれない。

【0011】偶数番号素子の受信フェイズドアップ  
第1の一連の測定は、奇数番号の素子を送信しながら、受信するときに動作する偶数番号の素子をフェイズドアップすることを目的とする。図2のAは素子1乃至5を具備するラインアレイを示している。シーケンスは図2のAで示されているように送信T<sub>1</sub>として素子1から送信し、同時に素子2で測定信号Rを受信することにより開始される。それから、信号T<sub>2</sub>は素子3から送信され、測定信号は素子2で受信される。この場合(素子3からの送信された信号の受信)、素子2からの位相および利得応答は先の測定(素子1からの送信された信号の受信)の位相および利得応答と比較される。このことは素子1と3の送信位相/利得の差が計算されることを可能にする。素子3から送信しながら、受信測定は素子4を経て行われる。素子2および4の受信位相/利得応答の差が計算されることができ、

【0012】図2のAで示されている例を終了するため、信号T<sub>3</sub>は素子5から送信され、受信信号は素子4で測定される。この測定からのデータは素子5の送信位相/利得係数が素子1および3の送信励起に関して計算

されることを可能にする。

【0013】この一連の測定結果は補正係数の計算であり、この係数が適用された時、素子2および4が同一の受信位相／利得応答を示すことを可能にする。さらに、付加的な係数が適用された時、これは素子1、3、5が同一の送信位相／利得応答を示すことを可能にする。典型的に、係数はアレイ利得および位相シフト指令の適切な調節を通じて適用されることができ、減衰器と位相シフトを設定する。

【0014】任意の範囲のラインアレイでは、各素子から送信され隣接素子から受信測定を行う測定シーケンスはアレイの最後まで継続される。したがって較正技術は任意の寸法にされたアレイに適用されることができ。送信素子に隣接する素子以外の素子を使用した受信測定が使用されてもよい。これらの付加的な受信測定により総測定時間が減少され測定の正確さの増加につながる。

【0015】奇数番号の素子の受信フェイズドアップ第2の一連の測定は受信における奇数番号の素子と送信における偶数番号の素子をフェイズドアップすることを目的とする。これらの測定シーケンスは偶数番号素子のフェイズドアップについて前述した測定シーケンスに類似しており、図2のBで図示されている。

【0016】第1に、素子2からの送信信号は素子1から受信測定用の励起を与え、その後素子3から受信測定用の励起を与える。これは素子1および3の相対的な受信位相／利得応答が計算されることを可能にする。

【0017】素子4からの送信信号は素子3から受信測定を行うために使用され、その後素子5から受信測定を行うために使用される。これは素子3および5の相対的な受信位相／利得応答が計算されることを可能にする。また、素子2に関する素子4の相対的な送信応答が計算されることができ。全ての係数は偶数番号素子の受信フェイズドアップと、奇数番号素子の送信フェイズドアップを提供するために使用されることができ。

【0018】フェイズドアップ全体を完了するために、インターリーブされたフェイズドアップの奇数偶数番号素子は全体的に位相／利得整列されることを必要とする。以下のセクションでは係数を決定するための技術を説明し、この係数が適用されると、これが達成される。

【0019】ラインアレイに沿った結合係数の比率決定先に説明した技術は、インターリーブされた各格子に特有の位相／利得基準によりインターリーブされた格子の

同じ位相にを可能にする。総合的なフェイズドアップ目的を達成するために、インターリーブされた格子の位相／利得基準の差は測定可能でなければならない。全体的なフェイズドアップの目的を達成するための技術について説明する。線形アレイは、これが2つのインターリーブされた格子、即ち奇数／偶数番号格子を有する通常の2次元アレイに应用可能な技術を最も簡単に示しているので、1例として使用される。以下の説明から決定される係数の比率は2つの格子の同じ位相にすることを共に可能にする。

【0020】図3はラインアレイの4つの素子セグメントを示している。結合路は $\alpha$ および $\beta$ により示されている。

【0021】相互に結合された信号 $s$ は3つの複素数値の成分を含んでおり、即ち、

【数1】

送信伝達関数  $A_T e^{j\phi_T}$  と、

結合係数  $A_C e^{j\phi_C}$  と、

受信伝達関数  $A_R e^{j\phi_R}$  であり、

$$s = A_T e^{j\phi_T} \cdot A_C e^{j\phi_C} \cdot A_R e^{j\phi_R}$$

$T$ を送信された信号とし、 $R$ を受信された信号とし、 $\alpha$ を隣接素子の結合路とし、 $\beta$ を1つおきの素子の結合路とするように限定する。

【0022】第1のステップは、素子1からの送信と素子2、3の受信によって与えられる励起による2つの信号 $s_1$ と $s_2$ を測定することである。素子1からの送信と素子2の受信は式1に記載されている。素子1からの送信と素子3の受信は式2に記載されている。次のステップは素子4からの送信と素子2、3の受信によって与えられる励起により2つの信号 $s_3$ と $s_4$ を測定することである。素子4からの送信と素子3の受信は式3により記載されている。素子4からの送信と素子2の受信は式4により記載されている。

【数2】

8

$$S_1 = A_{r_1} e^{j\phi_{r_1}} \cdot A_{r_2} e^{j\phi_{r_2}} \cdot A_{r_3} e^{j\phi_{r_3}} \quad (\text{式 } 1)$$

$$S_2 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{\beta_2} e^{j\phi_{\beta_2}} \quad (\text{式 } 2)$$

$$S_3 = A_{T_4} e^{j\phi_{T_4}} \cdot A_a e^{j\phi_a} \cdot A_{R_3} e^{j\phi_{R_3}} \quad (\text{式 } 3)$$

$$S_4 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_{\theta} e^{j\phi_{\theta}} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}} \quad (\text{式 } 4)$$

【0023】次に信号の比率  $s_1 / s_2$  および  $s_4 / s_3$  は次式のように形成される。

【0024】最終的に、比率の所望の比は結合係数の比率  $z$  を計算するために形成される。

【数 3】

【数4】

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{A_a e^{j\phi_a} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}}{A_0 e^{j\phi_0} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}} \quad (\text{式 } 5)$$

$$\frac{S_4}{S_3} = \frac{A_{\beta} e^{j\phi_{\beta}} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}{A_{\alpha} e^{j\phi_{\alpha}} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}} \quad (\text{式 } 6)$$

$$\frac{\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_\alpha e^{j\phi_\alpha} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}{A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}} = \left[ \frac{(A_\alpha e^{j\phi_\alpha})}{(A_\beta e^{j\phi_\beta})} \right]^2 = Z^2}{\frac{S_4}{S_3} = \frac{A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}}{A_\alpha e^{j\phi_\alpha} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}} \quad (\text{式 } 7)$$

【0025】結合係数の比率の決定はアレイのほぼ任意の位置で決定されることができる。この延長は必要ときにアレイ素子の結合係数の非均一性効果を除去するのに使用されることができる。

### 30 に対するための結合された係数比の適用

$z$  の決定に使用された測定信号値  $s_1$  と  $s_2$  を使用すると次式が得られる。

【数 5】

【0026】インターリーブされた格子を共に同じ位相

$$S_2 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_{\beta} e^{j\phi_{\beta}} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}} \quad (\text{式 } 8)$$

$$S_1 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_a e^{j\phi_a} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}} \quad (\text{式 } 9)$$

式 8、9 がそれぞれ式 2、1 と同一であることが分かる。

ならない量 $\Delta$ が $s_2 \cdot z$ および $s_1$ の比率として計算されることができる。

【0027】素子3が素子2に等しく調節されなければ

【数 6】

$$\Delta = \frac{A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_{\beta} e^{j\phi_{\beta}} \cdot A_{R_3} e^{j\phi_{R_3}} \left[ \frac{(A_c e^{j\phi_c})}{(A_{\beta} e^{j\phi_{\beta}})} \right]}{A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_{\alpha} e^{j\phi_{\alpha}} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}} = \frac{A_{R_3} e^{j\phi_{R_3}}}{A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}} \quad (\text{式 } 10)$$

【0028】この補正と結合路の差の補正を適用すると、インターリーブされた格子が結合係数を使用して同

じ位相にされることが分かる。

$$50 \quad s_1 \cdot \Delta / Z = s_2$$

したがって、結合係数の比率はインターリーブされた格子と同じ位相にするために使用されることができる。

【0029】2. 通常の菱形格子の較正

インターリーブされた格子のフェイズドアップおよび結合比測定の一般的原則は全ての平行四辺形格子に適用されることができる。この手順は菱形格子等の付加的な構造が存在するならば簡単にされる。

【0030】1つおきの列の較正

ここで説明した例示の技術は菱形格子に適用される。一般性を失うことなく、三角形の格子例が記載されている。正方形の格子は単にこの例を回転したものである。

【0031】以下、受信較正のうちの1つを説明する。送信および受信素子の役目が反対にされたならばこの技術は送信に応用可能である。

【0032】以下の説明で、図4は素子位置のグラフィック表示である。

【0033】プロセスは素子Aからの送信により開始される。信号は素子1、2、4、5を通じて同時に受信される。相互結合が2面对称であるために、Aから1、2、4、5の結合係数は同一である。素子2、4、5は帰還した信号と素子1からの信号との差を最小にするように調節されることができる。この調節の適用により素子1、2、4、5を同じ位相にする。

【0034】次に、信号は素子Bから送信される。素子3、6は、個々の信号と、先に調節された素子2または5からの信号の差が最小にされるように調節される。これは素子1、2、3、4、5、6を同じ位相にする。

【0035】前述のプロセスは全ての番号を付された素子が相互に関して同じ位相にされるまで反復される。

【0036】前述のプロセスは、送信および受信素子の役目が反対にされて反復される。信号は素子5から送信され、素子A、B、D、Eは同じ位相にされる。信号は素子6から送信され、素子C、Fは同じ位相にされるよ

うにA、B、D、Eに付加される。プロセスは全ての文字を付された素子が相互に同じ位相にされるまで反復される。

【0037】次のステップはこれらの2つのインターリーブされた格子を同じ位相にすることである。

【0038】2つのインターリーブされた格子の位相調整

以下説明する手順は図5で説明する結合係数 $\alpha$ と $\beta$ の比率の自己測定を可能にする。この係数の比率は2つの格子の位相調整を共に可能にするのに十分である。このプロセスは先に説明したラインアレイに沿って結合係数の比率の決定に匹敵する。

【0039】菱形格子に沿った結合係数の比率の決定相互に結合された信号sは3つの複素数成分からなり、即ち、

【数7】

送信伝達関数  $A_T e^{j\phi_T}$  と、

結合係数  $A_C e^{j\phi_C}$  と、

受信伝達関数  $A_R e^{j\phi_R}$  であり、

$$S = A_T e^{j\phi_T} \cdot A_C e^{j\phi_C} \cdot A_R e^{j\phi_R}$$

Tを送信された信号とし、Rを受信された信号とし、 $\alpha$ を隣接素子の結合路とし、 $\beta$ を1つおきの素子の結合路とするように限定する。

【0040】第1のステップは、4つの信号 $s_1$ 、 $s_2$ 、 $s_3$ 、 $s_4$ を測定することである。

【数8】

$$s_1 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_C e^{j\phi_C} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}} \quad (\text{式13})$$

$$s_2 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_B e^{j\phi_B} \cdot A_{R_3} e^{j\phi_{R_3}} \quad (\text{式14})$$

$$s_3 = A_{T_4} e^{j\phi_{T_4}} \cdot A_C e^{j\phi_C} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}} \quad (\text{式15})$$

$$s_4 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_B e^{j\phi_B} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}} \quad (\text{式16})$$

【0041】次に信号の比率 $s_1 / s_2$ および $s_4 / s_3$ は次式のように形成される。

【数9】

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{A_C e^{j\phi_C} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}{A_B e^{j\phi_B} \cdot A_{R_3} e^{j\phi_{R_3}}} \quad (\text{式17})$$

【0042】最後に、比率の比は結合係数の比率を計算するために形成される。

【数10】

$$\frac{S_4}{S_3} = \frac{A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}{A_\alpha e^{j\phi_\alpha} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}}$$

$$\frac{\frac{S_1}{S_2}}{\frac{S_4}{S_3}} = \frac{\frac{A_\alpha e^{j\phi_\alpha} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}{A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}}}{\frac{A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}{A_\alpha e^{j\phi_\alpha} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}}} = \left( \frac{A_\alpha e^{j\phi_\alpha}}{A_\beta e^{j\phi_\beta}} \right)^2 = z^2 \quad (\text{式19})$$

この比率  $z$  は所望の結合係数の比率である。

【0043】インターリーブされた格子を共に位相調整するための結合係数比率の適用

素子と結合路に同一の表記を使用して、以下の信号が集合される。

【数11】

$$s_2 = A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}} \quad (\text{式20})$$

$$s_1 = A_{T_2} e^{j\phi_{T_2}} \cdot A_\alpha e^{j\phi_\alpha} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}} \quad (\text{式21})$$

【0044】複素数で素子3が素子2に等しく調節されなければならない量は  $s_2 \cdot z$  および  $s_1$  の比率に等しい。

【数12】

$$\Delta = \frac{s_2 \cdot z}{s_1} = \frac{\frac{A_{T_1} e^{j\phi_{T_1}} \cdot A_\beta e^{j\phi_\beta} \cdot A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}} \cdot A_\alpha e^{j\phi_\alpha}}{A_\beta e^{j\phi_\beta}}}{\frac{A_{T_2} e^{j\phi_{T_2}} \cdot A_\alpha e^{j\phi_\alpha} \cdot A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}{A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}}} = \frac{A_{R_1} e^{j\phi_{R_1}}}{A_{R_2} e^{j\phi_{R_2}}} \quad (\text{式22})$$

【0045】この補正と結合路の差の補正を適用すると、以下の信号が等しいことが認められる。

$$s_1 \cdot \Delta / z = s_2$$

これは格子のフェイズドアップを完了する。

【0046】3. 一般的な平行四辺形格子の較正  
インターリーブされた格子への較正

ここで説明する技術は通常の平行四辺形格子に適用される。正方形、菱形、長方形、平行四辺形格子は一般的な平行四辺形のケースにすぎない。説明の目的で、一般原則を失うことなく平行四辺形格子の例を説明する。

【0047】図6は平行四辺形格子10の素子位置のグラフィック表示である。ここからの説明は受信較正の1つに関する。送信および受信素子の役目が反対にされるならば、技術は送信較正に応用可能である。

【0048】ステップ1：プロセスは素子aから送信することにより開始される。信号は同時に素子1および3を通して受信される。相互結合が対称的であるために、素子aから素子1へ、素子1から素子3への結合係数は同一である。素子3はその帰還した信号と、素子1からの信号との位相および利得差を最小にするように調節されることができる。アレイ較正システムを通してこの調節を適用することは素子1および3が同一の位相および

利得励起を示すことを可能にする。

30 【0049】ステップ2：次に、信号は素子cから送信される。素子4はその信号と素子2からの信号との差が最小にされるように調節される。これは素子2、4を同じ位相にする。

【0050】ステップ3：次に、信号は素子Aから送信される。素子2はその信号と素子1からの信号の差を最小にするように調節される。同一の調節が既に調節された素子4に適用される。これは素子1、2、3、4を同じ位相にする。

40 【0051】ステップ4：このプロセスの反復により、1つおきの列の交互の素子が同位相にされる。

【0052】ステップ1乃至4は素子3、4、およびa aからの送信を使用して反復され、それによって素子a、b、c、dを同じ位相にする。ステップ1乃至4は再度a a、b b、および2からの送信を使用して反復され、それによって素子A、B、C、Dを同じ位相にする。ステップ1乃至4は素子C、D、cからの送信を使用してもう一度最後に反復され、それによって素子a a、b b、c c、d dを同じ位相にする。

50 【0053】4つのインターリーブされたフェイズドアップ格子が形成される。次のステップは、必要な特別の



方向における素子の相互結合係数の比率を決定することによってこれらの4つのインターリーブされた格子を同じ位相にすることである。

【0054】平行四辺形の格子は4つのインターリーブされた格子を有して最も複雑である。他の格子はより少数のインターリーブされた格子を示しており、即ち菱形とラインアレイの両者は2つの格子を有する。

【0055】4つのインターリーブされた格子をフェイズドアップするためのラインアレイフェイズドアップ技術の使用

ラインアレイをフェイズドアップするための先の技術は一般的な平行四辺形格子へ3度適用される。前述の4つの格子のフェイズドアップを終了した後、図1で示したそれに続く素子グループは相互に関して、即ち(1、2、3、4)、(a、b、c、d)、(A、B、C、D)(aa、bb、cc、dd)位相調整される。前述のラインアレイのフェイズドアップ技術は最初に素子A、aa、C、ccへ適用される。この技術の使用は、素子A、B、C、D、aa、bb、cc、ddが共に位相調整されることを可能にする。プロセスは素子2、c、4、dで反復される。これは素子1、2、3、4、a、b、c、dがフェイズドアップされることを可能にする。プロセスはもう一度最後に素子3、C、4、Dを使用して反復される。この最後のステップは全ての素子を同じ位相にする。

【0056】本発明は他のフェイズドアップ方法よりも優れた幾つかの利点を提供する。近視野のフェイズドア

ップ技術と比較するとき、本発明は最少量の外部装置または設備によりアレイのフェイズドアップを可能にする。さらに、この方法は、格子および素子の相互結合パターンの非対称を可能にする。他の技術は等しい素子間路の長さ、全ての隣接する格子方向における等しい素子の相互結合応答に依存する。本発明は素子の相互結合路の差を外部測定する必要性をなくす。

【0057】前述の実施形態は本発明の原理を表した可能な特別の実施形態の単なる例示であることが理解できよう。他の装置が本発明の技術的範囲を逸脱することなく当業者により容易に実施されることができよう。

【図面の簡単な説明】

【図1】それぞれアレイ素子の格子位置を表した4つの四角形構造図。

【図2】それぞれ受信および送信時に素子の線形アレイの偶数番号および奇数番号のインターリーブされた格子をフェイズドアップする技術と、それぞれ受信および送信時に偶数番号および奇数番号の格子をフェイズドアップする技術の説明図。

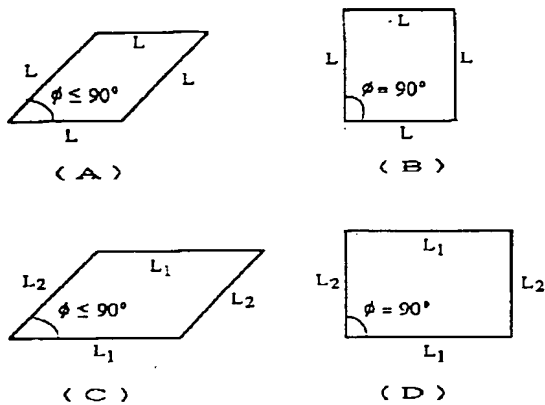
【図3】4つの例示的な素子を有するラインアレイの概略図。

【図4】菱形格子構造のアレイの単純化した概略図。

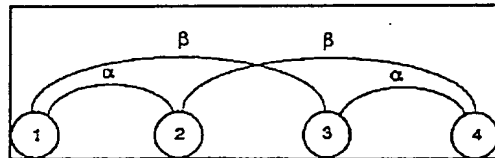
【図5】図4の菱形アレイの4つの素子の結合路を示した説明図。

【図6】平行四辺形アレイ格子の素子位置のグラフィック表示図。

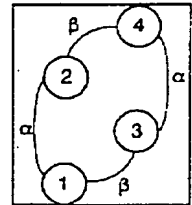
【図1】



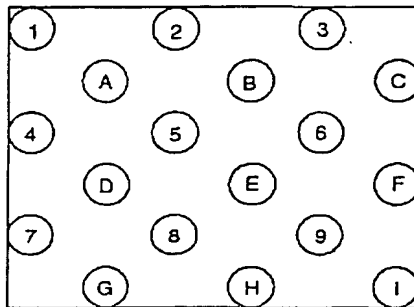
【図3】



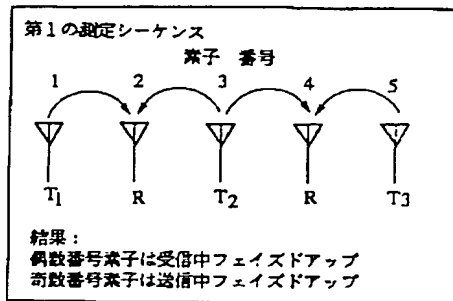
【図5】



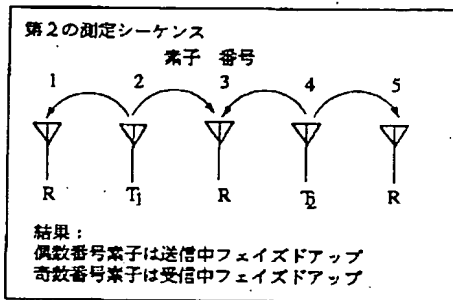
【図4】



【図2】

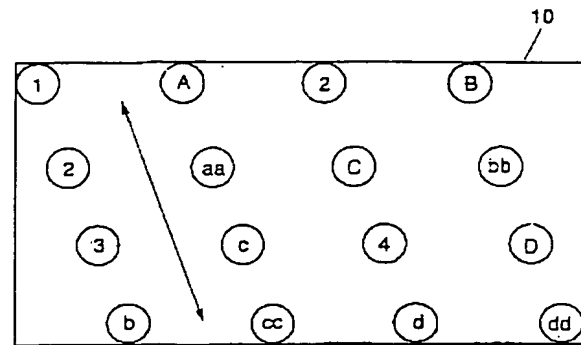


(A)



(B)

【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 エリック・ボー  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州  
 90803、ロング・ビーチ、ナンバー 101、  
 ユークリッド・アベニュー 212